XVI. *Quelques Remarques sur la Chaleur, et sur l'Action des Corps qui l'interceptent. Par* P. Prevost, *Professeur de Philosophie à Genève, &c. Communicated by* Thomas Young, *M. D. F. R. S.*

Read July 1, 1802.

Partie I.

§ 1. Le Dr. Herschel, voulant estimer la quantité de lumière transmise par divers corps, a employé un appareil dont il donne la description détaillée.* Au moyen de cet appareil, il apprécie l'éffet d'une même source de chaleur, agissant d'un côté sans obstacle, et de l'autre à travers une lame qui l'arrête en partie. Qu'on se représente un rayon solaire tombant sur deux thermométres pareils, sur l'un directement, et sur l'autre à travers un verre; qu'on écarte soigneusement toutes les causes étrangères qui pourroient influer ici; et l'on aura une idée de cet appareil, construit avec tout le soin et toute la sagacité qu'on a droit d'attendre d'un excellent observateur.

Ce physicien a fait avec cet appareil un grand nombre d'expériences, toutes de même forme. Chacune d'elles offre six observations, pour chacun des deux thermométres. La 1re observation indique le dégré au commencement de l'expérience, et avant que la source de chaleur ait pu agir; les autres indiquent successivement, de minute en minute, les dégrés de la chaleur croissante, jusqu'à la 5me minute, époque où finit

* Phil. Trans. for 1800. p. 446.

l'expérience.* Ces nombreuses expériences ne différent entr'elles, que par la nature du corps dont est formée la lame interceptante, ou par la nature de la source de chaleur qui est employée.

A la fin de chaque expérience, l'auteur en donne le résultat. Pour cet effet, il retranche le dégré initial du dégré final, et, faisant séparément cette soustraction pour chacun des deux thermométres, il se borne à comparer les restes, pour en conclure la transmission.

Voici le détail de la 1re des expériences de ce genre, qui est la 24me de l'ouvrage.

	Au soleil direct.			A travers un verre blanc bleuâtre.
0'	67°	-	-	67°
1	$68\frac{3}{4}$	-	-	$68\frac{1}{8}$
2	$70\frac{1}{8}$	-	-	$69\frac{1}{8}$
3	$71\frac{3}{8}$	-	-	70
4	$72\frac{3}{8}$	-	-	$70\frac{7}{8}$
5	73	-	-	$71\frac{1}{2}$.

Soustrayant donc le dégré initial du final, on a au soleil direct 6° de chaleur acquise; tandis qu'à travers le verre on n'en a que $4\frac{1}{2}$. Le rapport de ce dernier nombre au premier, répresente la transmission par le verre. C'est en millièmes 0,750; dont le complément 0,250 exprime les rayons interceptés.

§ 2. Les expériences multipliées dont je viens de donner sommairement l'idée, ont été faites surement avec toute l'exactitude qui peut leur donner du prix: elles ouvrent un nouveau champ de spéculation, et font espérer des résultats intéressans. Mais celui que l'auteur a eu en vue, je veux dire, l'appréciation

* Une partie de ces expériences n'a duré que trois minutes: je ne citerai pas cette classe d'experiences, c'est pourquoi j'emploie ici une expression générale.

de la faculté interceptante de la lame mise en expérience, n'est pas aussi simple qu'il le paroît au premier coup-d'œil, et exige une nouvelle recherche.

Et d'abord, si de l'expérience que j'ai citée et transcrite ci-dessus, on pouvoit inférer d'une manière générale, que le nombre des rayons interceptés par le verre blanc bleuâtre est exprimé par la fraction 0,250, cela ne devroit pas être particulier au temps de la durée de l'experience. Si, par exemple, elle avoit duré six ou sept minutes, on devroit trouver le même résultat; le même encore, si elle n'avoit duré que trois ou quatre minutes. Nous ne pouvons parler expérimentalement que de ce dernier cas, qui est consigné dans le régistre de l'expérience. Or, il est facile de voir, que si l'auteur s'étoit arrêté à la 4me minute, il auroit trouvé la transmission exprimée par le rapport $3\frac{7}{8} : 5\frac{3}{8} = 0{,}720$, et par conséquent la faculté interceptante $=$ 0,280. S'il se fût arrêté à la 3me minute, l'interception eût été 0,314; a la 2de minute, 0,320; et à la 1re minute, 0,357. Ensorte qu'on devroit croire, en suivant la marche tenue ici, qu'à la 1re minute le verre interceptoit plus de rayons qu'à la 2de; plus à la 2de qu'à la 3me; à la 3me qu'à la 4me; à la 4me qu'à la 5me.

Le même résultat, à une seule irrégularité près,* peut se déduire de l'expérience suivante, (où l'auteur a substitué une lame de *flint glass* à celle de verre blanc bleuâtre de la précédente, et dont il donne le détail,) que je transcrirai ci-dessous. (§ 9.) L'auteur dit lui-même, que ce résultat a été commun à toutes les expériences analogues, à l'exception d'une seule, qui lui a paru anomale à d'autres égards.† Il emploie même ce fait

* A la fin de la 3me minute, la transmission a été excédente.

† P. 479. Exp. 122. Je rapporterai bientôt cette expérience en détail. (§ 11.)

comme un argument, pour prouver que les rayons chauds et lumineux sont différens.* On peut donc envisager ce résultat comme général et constant. Ensorte que, si la mesure de la transmission adoptée ici est juste, on doit croire que la faculté interceptante des corps va toujours en croissant, de minute en minute, au moins jusqu'à la 5me ; et, si jamais un raisonnement analogique est admissible, on doit croire que cette progression croissante dureroit après les cinq minutes écoulées; si bien qu'en prolongeant l'expérience, on fait croître la faculté interceptante de la lame, et la chaleur transmise doit à la longue diminuer beaucoup, ou même enfin se réduire à rien.

Cette conséquence, qui est inévitable dans cette méthode d'estimation, doit peut-être inspirer du doute sur le principe dont elle dérive; car on ne sauroit concevoir aucune raison probable, pour laquelle la faculté de transmettre ou d'intercepter la chaleur doive varier dans un corps, parcequ'il y a plus ou moins long-temps qu'il la transmet ou l'intercepte.

Cette difficulté nous ramène à la théorie de la chaleur, et en particulièr de la communication de la chaleur, de son passage d'un lieu dans un autre, ou d'un corps dans un autre corps. En effet on voit ici, de part et d'autre, la boule d'un thermométre plongée dans une source de chaleur, telle qu'un rayon solaire, par exemple; on voit la chaleur passer de la source dans la boule, et amener celle-ci, peu-à-peu, à une température plus haute que celle dont elle jouissoit; on voit qu'il s'écoule plusieurs

* P. 522. "L'Interception de la chaleur solaire," dit-il, "a constamment été plus "grande près du commencement des cinq minutes que vers la fin; or, cela n'a pas "lieu dans la transmission de la lumière, qui est sensiblement instantanée. Cela "indique que la loi de transmission n'est pas la même pour la lumière que pour la "chaleur." Ce sont là ses expressions abrégées, et réduites au seul objet que j'ai en vue.

minutes avant que cet accroissement de température vienne à cesser; et il ne paroît pas qu'on ait atteint le terme de son maximum. Il y auroit donc de l'importance à connoître la loi de cet accroissement; car il est facile de comprendre que, selon la nature de cette loi, l'accroissement partiel produit pendant un temps limité (tel que 5′) sera, ou ne sera pas, proportionnel à la chaleur de la source. Or, c'est cette chaleur qu'il s'agit d'estimer, d'une et d'autre part, pour pouvoir comparer la chaleur transmise par le verre avec la chaleur entière qui passe sans obstacle. Tournons donc notre attention vers un objet si évidemment requis.

§ 3. La loi dont nous avons besoin, a été reconnue et déterminée par des expériences directes. Il résulte de celles de M M. Kraft et Richmann,* que *dans un milieu d'une température constante,* un corps s'échauffe ou se réfroidit de sorte que *les différences de sa chaleur à celle du milieu sont en progression géométrique, tandis que les temps* de l'échauffement ou du réfroidissement *sont en progression arithmétique.* Cette loi, déduite, je le répéte, d'expériences directes et faites avec soin, est parfaitement d'accord avec la théorie générale de la chaleur, qui se fonde sur d'autres faits, et dont je dirai un mot en finissant ce mémoire. En ce moment, je laisse cette loi isolée, et je l'admets simplement comme une vérité particulière, que l'expérience a démontrée.

§ 4. Il résulte de cette loi d'accroissement, que si deux corps de même température sont plongés dans deux milieux de température constante, mais inégale, les accroissemens opérés en temps égaux ne seront point, en général, proportionnels à la température de ces milieux, puisqu'il n'y a que quelques cas

* *Nov. Comm. Acad. Petrop.* Tom. I. p. 195.

très-particuliers et très-rares où cette proportion puisse avoir lieu, comme il est facile de s'en assurer; par conséquent, les deux thermométres des expériences précédentes n'indiquent pas, par le rapport de leurs mouvemens en cinq minutes, le rapport de la chaleur totale à la partie de cette chaleur qui a été transmise par la lame interposée. Il faut s'y prendre d'une autre manière, pour faire cette estimation. La plus simple, peut-être, eût été de n'avoir aucun égard au temps, et de laisser chaque thermométre atteindre la température de la source de chaleur dans laquelle il est plongé; mais la durée de l'expérience entreprise sur ce principe offre peut-être des inconvéniens, et l'on verra d'ailleurs, par ce qui va suivre, que cette méthode même exigeroit encore une analyse ultérieure. Quoiqu'il en soit, on peut encore tirer des conséquences légitimes, des expériences qui ont été faites dans un temps limité. Je vais m'appliquer a tirer ces conséquences, du moins les principales; et l'auteur de cette belle suite d'observations verra, j'espère, avec plaisir, que les resultats qu'elles offrent sous cette nouvelle forme deviennent plus réguliers et plus probables.

§ 5. Je commence par discuter l'expérience 24me de l'ouvrage de M. HERSCHEL; c'est celle dont j'ai transcrit le détail ci-dessus. (§ 1.) Les temps croissant en proportion arithmétique, 0, 1, 2, 3, 4, 5, les différences de chaleur du thermométre et du milieu doivent décroitre en progression géométrique. Les dégrés observés au thermométre exposé à la chaleur libre du soleil sont, au commencement des trois premières minutes, 67, $68\frac{3}{4}$, $70\frac{1}{8}$, ou en huitièmes de dégré, 536, 550, 561. Maintenant, si l'on suppose que la température du rayon solaire ait été (en huitièmes de dégré) = 601, on trouvera que les différences de la chaleur du thermométre à celle du milieu, savoir, 65, 51, 40,

sont en progression géométrique; ce qu'on n'obtiendra par aucun autre nombre. La loi prescrite nous force donc d'admettre ce nombre, pour l'expression de la chaleur du milieu où étoit placé le thermométre. Cela étant, nous calculerons les termes suivans de la progression, nous en conclurrons les dégrés du thermométre pour les minutes suivantes, et nous les comparerons aux dégrés observés. C'est l'objet de la petite table suivante, où tous les nombres expriment des huitièmes de dégré.

Chaleur du milieu, conclue des 3 premiers termes . . . . 601.

	Dégrés observés.	Dégrés calculés.	Différences en progr. géom.
0′	536	536	65
1	550	550	51
2	561	561	40
3	571	570	31
4	579	576	25
5	584	582	19

On peut observer, que les trois derniers dégrés calculés sont d'accord avec les dégrés observés, avec un écart de moins de trois huitièmes de dégré.

§ 6. Maintenant nous allons faire la même opération pour les observations collatérales, faites avec le thermométre que garantissoit un peu une lame de verre blanc bleuâtre. Mais il y a ici une remarque à faire: la progression des différences du premier thermométre et du milieu a pour quotient $\frac{65}{51}$; il paroît que celle du second thermométre doit avoir le même quotient, car il part du même point, son échelle d'échauffement est comprise en entier dans celle du premier thermométre, et ces deux thermométres ont été choisis avec une attention scrupuleuse, de manière à avoir précisément la même sensibilité; ainsi, par un

même accroissement de chaleur, chacun d'eux, en même temps, se meut d'une même quantité. Si, par exemple, la température du milieu excéde, de part et d'autre, celle du thermométre de 65 huitièmes de dégré, on doit s'attendre que l'un et l'autre en une minute en acquerra 14, et ne différera plus de la source que de 51 huitièmes de dégré; mais, en chaque thermométre, cette proportion étant constante dans les échauffemens subséquens, (d'après la loi,) il est clair que le quotient est le même pour les deux thermométres, dans toute l'étendue de la progression.

Il n'en seroit pas ainsi, si les thermométres n'étoient pas également sensibles; par conséquent, en passant d'une expérience à l'autre, il conviendra de remarquer si les thermométres ont changé; et, en ce cas, de chercher de nouveau le quotient de la progression.

§ 7. Je viens à la partie de l'expérience qui nous reste à examiner; il s'agit du thermométre garanti de l'action du soleil, par une lame de verre blanc bleuâtre. Prenant donc les deux premiers nombres donnés par l'observation, savoir, ceux qui repondent au commencement et à la fin de la 1re minute de l'expérience, nous déterminerons celui qui a dû exprimer la chaleur du milieu, pour que les différences des deux premiers nombres à celui-ci soient entr'eux comme 65 est à 51; et, formant successivement les autres termes de cette progression, nous en conclurons les dégrés pour les quatres minutes suivantes, afin de les comparer aux dégrés observés. C'est l'objet de la petite table suivante, en huitièmes de dégré.

Chaleur du milieu 578.

	Dégrés observés.	Dégrés calculés.	Différences en progr. geom.
0′	536	536	42
1	545	545	33
2	553	552	26
3	560	558	20
4	567	562	16
5	572	565	13

Les nombres calculés et observés différent ici de 1 jusqu'à 7 huitièmes de dégré. Je dirai plus bas à quoi j'attribue cet écart. (§. 12.)

§. 8. Supposant maintenant que la chaleur de l'un et de l'autre milieu (celle du rayon libre et celle du courant qui agit sous le verre) ait été bien appréciée, il ne reste plus qu'à les comparer; leur rapport est celui de 601 à 578; et par conséquent la quantitè interceptée = 0,038.

§. 9. Passons à l'expérience suivante, qui est la 25me de l'ouvrage. Celle-ci a été faite avec les mêmes thermométres que la précédente. Le corps mis en expérience étoit une lame de *flint glass;* et en voici le résultat, tel que le donne l'auteur.

	Dégrés observés.		
	Au soleil libre.	A travers le *flint glass.*	
0′	$69\frac{3}{4}$	$69\frac{3}{4}$	
1	$71\frac{1}{4}$	71	
2	$72\frac{5}{8}$	$72\frac{1}{8}$	
3	$74\frac{1}{8}$	$73\frac{7}{8}$	
4	$74\frac{7}{8}$	74	
5	$75\frac{1}{4}$	$74\frac{3}{4}$	..... $5\frac{1}{2} : 5 = 0{,}909$

En calculant cette expérience comme la précédente, et en prenant $\frac{65}{51}$ pour le quotient de la progression des différences, on aura, en huitièmes de dégré, les resultats comparés qu'indique la table suivante.

	Au soleil libre. Chaleur du milieu 614.			*A travers le* flint glass. Chaleur du milieu 604.		
	Dégrés observés.	Dégrés calculés.	Différ. en progr. geom.	Dégrés observés.	Dégrés calculés.	Différ. en progr. geom.
0′	558	558	56	558	558	46
1	570	570	44	568	568	36
2	581	579	35	577	576	28
3	593	587	27	591	582	22
4	599	593	21	592	587	17
5	602	597	17	598	590	14

Rapport des deux chaleurs 604 : 614.
Interception - - 0,015.

§. 10. En jettant les yeux sur cette table, on voit que les deux thermométres ont montré un échauffement plus rapide dans les dernières minutes que le calcul ne l'annonçoit. Le thermométre au soleil libre, présente un excès de 1 jusqu'à 6 huitièmes de dégré, qui diminue à la fin, et se reduit à 5 huitièmes. Le thermométre garanti par le *flint glass*, présente un excès qui varie irrégulièrement de 1 à 9 huitièmes. Cet écart, pour le thermométre garanti, est dans le même sens que celui de l'expérience précédente, et sera expliqué de même ci-dessous. (§. 12.) L'écart du thermométre exposé au soleil libre, ne peut s'expliquer qu'en supposant quelque cause particulière d'irregularité.

§. 11. Il y a une troisième expérience dont l'observateur donne le detail, et qu'il nous reste à examiner; c'est la 122me de l'ouvrage; elle a été faite avec une lame de talc, sous l'influence de la chaleur d'un feu de charbon bien ménagé. En voici les résultats donnés par l'auteur.

	Dégrés observés.	
	Au feu libre.	A travers le talc.
0'	65	65
1	72	67
2	77	$68\frac{3}{4}$
3	$80\frac{1}{2}$	$69\frac{1}{2}$
4	83	70
5	85	$70\frac{3}{4}$ ..... $20 : 5\frac{3}{4} = 0{,}287$.

Ici les thermométres ne sont plus les mêmes que ceux qui ont été employés dans les deux expériences que nous avons discutées; ceux-ci étoient désignés No. 5, et No. 1; ceux-là sont distingués par les lettres D, C; il faut donc chercher de nouveau, pour ces deux thermométres, également sensibles entr'eux, (mais peut-être différens en sensibilité des precedens,) selon quelle progression s'est fait l'échauffement au soleil libre, pendant le cours des deux premières minutes, (§ 6,) afin d'en conclure les dégrés suivans. Il résultera de ce calcul, et de l'emploi de la progression ainsi déterminée pour le thermométre garanti, la table suivante, toujours en huitièmes de dégré.

	Au feu libre. Chaleur du feu 716.			*A travers le talc.* Chaleur du milieu 576.		
	Dégrés observés.	Dégrés calculés.	Différ. en progr. geom.	Dégrés observés.	Dégrés calculés.	Différ. en progr. geom.
0′	520	520	196	520	520	56
1	576	576	140	536	536	40
2	616	616	100	550	547	29
3	644	645	71	556	555	21
4	664	665	51	560	561	15
5	680	680	36	566	566	10

La progression des différences a ici pour quotient $\frac{7}{5}$, au lieu de $\frac{65}{51}$: ainsi les thermométres recevoient, en temps égal, de la source calorifique, une aliquot de chaleur un peu moindre que les précédens; cependant, la différence n'est pas très considérable; du reste, on peut bien dire, que dans cette expérience le calcul et l'observation sont parfaitement d'accord. Ce n'est pas la peine de remarquer des différences aussi petites, et qui seroient encore plus insensibles, si j'avois tenu compte des fractions de dégré inférieures à une huitième, ce que je n'ai pas cru devoir faire. Cet accord est d'autant plus remarquable, que c'est précisément ici l'expérience qui a offert quelque chose de particulier, qui auroit dû, à ce qu'il semble, introduire de l'irrégularité dans les résultats. Le talc s'est calciné par l'action du feu, dans le cours de l'éxpérience, et de transparent qu'il étoit, il est devenu parfaitement opaque; néanmoins, il paroit que l'action de la chaleur sous le talc, de minute en minute, a suivi un cours parfaitement régulier et uniforme. En voici le calcul.

Rapport des deux chaleurs 576 : 716.

Interception - - 0,196.

§ 12. Tels sont les résultats que nous offrent les trois expériences dont l'auteur a consigné le détail dans son ouvrage. Il

est temps de dire un mot de la cause à laquelle j'attribue, dans les deux premières expériences, l'excès d'échauffement qui a été observé au thermométre garanti, dans les dernières minutes de leur durée. (§§ 7 et 10.) Je crois qu'il depend de la chaleur accumulée dans le corps interceptant. A l'instant où ce corps s'échauffe, il contribue à faire monter le thermométre voisin. Si la marche de cette accumulation de chaleur étoit très régulière, son effet se confondroit avec celui des rayons transmis; (c'est, je pense, ce qui a eu lieu dans la 3me expérience, où la progression des différences n'est guères moins exacte pour le thermométre garanti que pour l'autre;) mais, si l'accumulation est accélérée, (c'est-à-dire, si le rapport des rayons accumulés aux transmis est plus grand en même temps vers la fin de l'expérience qu'au commencement,) son effet croissant se fera sentir au thermométre, qui se mouvra comme il s'est mû dans les deux premières expériences. A quoi donc peut tenir une pareille accélération, et quelle raison peut on imaginer pour qu'elle ait lieu dans un cas, et non dans l'autre? On ne sauroit, je crois, l'imputer à aucune cause plus probable qu'à l'épaisseur de la lame, ou à la foiblesse de la source de chaleur.

§ 13. Supposons qu'on présente un verre épais à un foyer de chaleur; il s'échauffera du côté du feu, et, conduisant mal la chaleur, il restera quelque temps froid du côté opposé; ainsi, pendant la 1re minute, peut-être, un thermométre placé de ce dernièr côté n'accuseroit aucun échauffement; mais, peu-à-peu, dans les suivantes, cet échauffement se feroit sentir. Je présume que c'est ainsi que les choses se sont passées dans les deux premières expériences, et en particulier dans la seconde; (la 25me de l'ouvrage;) dans celle-ci, la lame de *flint glass* avoit environ trois lignes d'épaisseur. L'observateur donne cette mesure,

tandis qu'il ne dit rien de l'épaisseur des autres lames. Il est probable que celles-ci étoient plus minces, en particulier celle de talc; et cela pourroit expliquer la régularité de l'une de ces expériences, et l'irregularité de l'autre.

Joignez à cela, que dans la troisième des expériences que j'ai analysées, (la 122me de l'ouvrage), la source de chaleur (le feu de charbon) avoit plus d'intensité, ou d'activité, que celles (les rayons solaires) qui agissoient dans les deux autres; puisque, dans le même espace de cinq minutes, elle a amené le thermométre libre de 65° à 85; tandis que le thermométre libre dans les deux autres expériences, n'a monté que de 5 ou 6 dégrés, compris entre ces extrêmes. Or, il est probable, que si deux lames sont de même nature et de mème épaisseur, mais que l'une soit exposée à une chaleur forte et l'autre à une chaleur foible, la première sera traversée plutôt que la seconde, par la chaleur accumulée; ensorte que, touchant, à la fin de la 1re minute, par exemple, la face non exposée de chacune des deux lames, il se pourra faire qu'on sente l'une froide et l'autre chaude.

Par deux raisons donc, l'expérience 122me a dû offrir des résultats réguliers; 1. parceque probablement la lame étoit mince; 2. parceque la source de chaleur étoit grande; d'où il résultoit, que la chaleur accumulée l'avoit traversée dès la fin de la 1re minute; ensorte que l'accumulation, et le rayonnement qui en est la suite, croissoient, de minute en minute, selon la même loi d'échauffement selon laquelle s'échauffoit d'ailleurs la boule du thermométre, si quelque chaleur étoit transmise sans obstacle.

Et si la 2de expérience (la 25me de l'ouvrage) offre plus d'irregularités que la première, (la 24me de l'ouvrage,) cela pourroit bien tenir en partie à la plus grande épaisseur du *flint*

glass. Cependant, d'un côté nous ne pouvons rien affirmer sur l'épaisseur du verre blanc bleuâtre, qui n'est pas indiquée; et de l'autre, l'échauffement au soleil libre offre, dans cette même expérience, (la 25me,) des écarts qui vont jusqu'à $\frac{6}{8}$mes de dégré. Pourroit on les attribuer à quelque légére variation dans la source même de la chaleur, pendant le cours de l'expérience?

Je pense en avoir dit assez, pour rendre probable la cause à laquelle j'attribue cette espèce d'irrégularité apparente, qui consiste dans l'accélération de l'échauffement du thermométre garanti; cette cause doit avoir été, l'inégale action de la chaleur accumulée sur le corps interceptant, au commencement et à la fin de l'expérience.

§ 14. Il résulte de ces considérations, et de la distinction entre les deux chaleurs, transmise et accumulée, que l'interception calculée ci-dessus, dans chacune des trois expériences que nous avons rapportées, n'est, à proprement parler, qu'une limite en dessous, et laisse indéterminée la limite supérieure. Car, comme nous ne savons point le rapport des deux chaleurs, (transmise et accumulée,) nous ne pouvons point affirmer l'influence de chacune d'elles sur le résultat. Si la chaleur librement transmise agissoit seule, nous aurions une progression régulière de différences, (comme on l'a au soleil libre,) et les dégrés calculés s'accorderoient aussi bien avec ceux qu'a donnés l'observation. Mais il y a excès dans les derniers termes; et cet excès doit provenir de la chaleur accumulée; celle-ci a donc agi, et manifesté son influence. D'un autre côté, la transmission libre peut avoir été fort petite; on pourroit même la supposer nulle, et attribuer à la chaleur accumulée, tout l'effet observé sur le thermométre garanti. Ainsi l'on peut bien dire, que la transmission réelle n'a pas été plus grande que la calculée, puisque le calcul suppose

tout l'effet produit par cette chaleur; mais elle peut très bien avoir été moindre, puisque cet effet a certainement été produit, en partie au moins, et peut-être en totalité, par une autre cause. L'interception peut donc avoir été totale, ou très grande, mais jamais moindre que celle que le calcul nous a donnée. C'est en ce sens qu'il faut prendre tous nos résultats obtenus jusqu'ici, et tous ceux que nous allons rechercher encore.

§ 15. Il y auroit maintenant quelque intérêt à examiner, d'après les calculs précédens, combien auroit dû durer chaque expérience, pour que le thermométre atteignît le maximum d'échauffement, c'est-à-dire, la température de la source, ou du milieu dans lequel il étoit plongé; car c'est à cette époque qu'on auroit pu comparer immédiatement les dégrés des deux thermométres, exposés, l'un à la chaleur libre, et l'autre à la chaleur gênée par l'interception. Cependant, une difficulté se présente. Il est facile de continuer les termes de la progression au soleil libre, et d'en conclure les dégrés qu'on auroit observés dans les minutes suivantes; mais, pour le thermométre garanti, comment tenir compte de l'effet inégal de la chaleur accumulée dans la lame interceptante? Arrivée à un certain point, cette chaleur accumulée, n'en développera-t-elle point même de nouvelle, comme il semble que cela a lieu dans les boules d'argile échauffées au feu d'un foyer? Quoiqu'il en soit, comme ceci n'intéresse point l'échauffement au soleil libre, nous pouvons du moins examiner ce cas. J'y joindrai le calcul de l'échauffement sous le talc, à cause de sa régularité, qui semble indiquer que, dans les termes suivans, la progression auroit été constante.

Comme l'observateur tient compte des huitièmes de dégré, et non d'aucune fraction moindre, l'échauffement paroîtra fini plutôt qu'il ne le sera réellement. Ainsi, vers la fin, on ne re-

marquera plus de différence sensible pendant une minute; mais, en attendant deux ou trois minutes, cet accroissement se fera remarquer. Je trouve que dans la 1re expérience, (la 24me de l'ouvrage,) au soleil libre, le thermométre auroit continué jusqu'à la 12me minute, d'accuser, de minute en minute, un accroissement de chaleur sensible: il auroit alors marqué 598 huitièmes de dégré. Il se seroit passé encore quelques minutes, avant que le thermométre eût acquis sensiblement (c'est-à-dire, à un huitième près) la chaleur totale de la source, qui, selon notre calcul, (§ 5,) étoit de 601 huitièmes de dégré.

Je laisse l'expérience faite avec le *flint glass*, (la 25me de l'ouvrage,) à cause de son irrégularité.

Celle où le talc a été employé (la 122me de l'ouvrage) nous fait voir, qu'au soleil libre il auroit aussi fallu 12′ pour amener le thermométre assez près de la température du milieu, pour que l'échauffement en une minute fût devenu insensible; (c'est-à-dire, moindre qu'un huitième de dégré;) à cette époque, il n'auroit différé que d'environ $\frac{3}{8}$mes de la température du milieu, qu'il auroit assez vîte atteint.

Dans cette même expérience, le thermométre couvert de la lame de talc n'auroit requis que 9′, pour arriver au terme auquel une minute de plus ne produit aucun effet sensible; à cette époque, la chaleur du thermométre auroit différé de celle du milieu d'un peu moins de $\frac{3}{8}$mes de dégré; et 3 minutes après, c'est-à-dire, à la 12me minute de l'expérience, ces deux chaleurs n'auroient pas différé sensiblement; je veux dire, qu'elles auroient différé d'une quantité moindre qu'un huitième de dégré, qui est la fraction la plus petite dont l'observateur ait tenu compte.

§ 16. Jusqu'ici je n'ai discuté que trois expériences, entre toutes celles du même genre, parceque ce sont les seules dont l'auteur

donne le détail. Pour toutes les autres, il se contente de rapporter le dégré initial et le dégré final de chaque thermométre, parcequ'en effet ce sont les seuls qu'il emploie, pour en conclure, par sa méthode, la quantité des rayons transmis et interceptés. Il sera facile à l'auteur de vérifier ces remarques, par l'examen de ses régistres plus détaillés. Pour suppléer à cette recherche, qui n'est pas en mon pouvoir, j'ai essayé d'employer, d'une manière conforme aux principes exposés ci-dessus, quelques-uns des résultats abrégés, qui s'offrent à nous en grand nombre.

§ 17. On peut remarquer que le rapport de 13 à 10, est moyen entre ceux qui ont été employés comme quotients de la progression des différences, et que l'observation a déterminés. (§§ 5 et 11.) Je me tiendrai donc à ce rapport; et je déterminerai la chaleur constante du milieu par la proportion suivante. Les différences entre cette chaleur et chacun des nombres donnés par l'observation, (l'initial et le final,) sont entr'elles comme le 1er terme de la progression est au 6me, c'est-à-dire, comme les nombres 13 et 10 élévés à la cinquième puissance.

§ 18. Ainsi, prenant la 26me expérience de l'ouvrage, on l'y trouvera ainsi abrégée:

	Au soleil libre.	A travers du *crown glass* verdâtre.
0'	$66\frac{1}{4}$	$66\frac{1}{4}$
5	73	$71\frac{1}{4} \ldots\ldots 6\frac{3}{4} : 5 = 0,741$

J'en conclus, (en partant du rapport de 13 à 10 pour la progression des différences,) que la chaleur constante du soleil libre étoit, en huitièmes de dégré, 604; et à travers le verre 584.

Rapport de ces chaleurs 0,967

Interception 0,033.

27*me.*

	Soleil.	*Coach glass* (verre de carrosse.)
0'	$68\frac{7}{8}$	$68\frac{7}{8}$
5	$75\frac{7}{8}$	$74\frac{3}{8}$ . . . . . . $7 : 5\frac{1}{2} = 0{,}786$

Chaleur au soleil libre 267

Sous le verre - - 611

Rapport 0,974

Interception 0,026

28*me.*

	Soleil.	Cristal d'Islande.
0'	67	67
5	$72\frac{5}{8}$	$71\frac{1}{4}$ . . . . . $5\frac{5}{8} : 4\frac{1}{4} = 0{,}756$

Chaleur au soleil libre 598

Sous le cristal d'Islande 583

Rapport 0,975

Interception 0,025.

29*me.*

	Soleil.	Talc.
0'	$67\frac{1}{2}$	$67\frac{1}{2}$
5	72	$71\frac{3}{8}$ . . . . . $4\frac{1}{2} : 3\frac{7}{8} = 0{,}861$

Chaleur au soleil libre 590

Sous le talc - - 584

Rapport 0,990

Interception 0,010.

30*me.*

	Soleil.	Talc aisément calcinable.
0'	50	50
5	$54\frac{3}{4}$	$53\frac{7}{8}$ . . . . . $4\frac{3}{4} : 3\frac{7}{8} = 0{,}816$

Chaleur au soleil libre 453

Sous le talc calcinable 443

Rapport 0,978

Interception 0,022.

31me.

	Soleil.	Verre rouge très obscur.	
0′	73	73	
5	$79\frac{1}{4}$	$74\frac{1}{4}$	..... $6\frac{1}{4} : 1\frac{1}{4} = 0,200$

Chaleur au soleil libre - 654
Sous le verre rouge obscur 598
Rapport 0,914
Interception 0,086.

40me.

	Soleil.	Verre indigo.	
0′	$61\frac{3}{4}$	$61\frac{3}{4}$	
5	$67\frac{7}{8}$	64	..... $6\frac{1}{8} : 2\frac{1}{4} = 0,367$

Chaleur au soleil libre 562
Sous le verre indigo 519
Rapport 0,923
Interception 0,077.

§ 19. Je vais encore rapporter quelques expériences, et en tirer les résultats, comme ci-dessus. Mais je dois remarquer, que dans les suivantes, il arrive souvent que les thermométres ne sont pas d'accord au point de départ. J'ignore d'où cela peut dépendre.

44me Expérience.

	Soleil.	Les deux fonds de verre d'un tube fermé, long de 3 pouces.	
0′	53	53	
5	59	$55\frac{3}{4}$	..... $6 : 2\frac{3}{4} = 0,458$

Chaleur au soleil libre - - 490
Sous les deux fonds de verre 454
Rapport 0,927
Interception 0,073.

45me.

	Soleil.	Eau, et les deux fonds de verre du même tube fermé qui la contient.	
0′	$52\frac{1}{4}$	$52\frac{1}{8}$	
5	$58\frac{3}{4}$	55	..... $6\frac{1}{2} : 2\frac{7}{8} = 0{,}442$

Chaleur au soleil libre - - - 490

Sous l'eau et les deux fonds de verre 449

Rapport 0,917

Interception 0,083.

47me.

	Soleil.	Esprit de vin, et les deux fonds de verre du même tube qui le contient.	
0′	$51\frac{5}{8}$	$51\frac{5}{8}$	
5	$57\frac{3}{4}$	54	..... $6\frac{1}{8} : 2\frac{3}{8} = 0{,}388$

Chaleur au soleil libre - - - - 494

Sous l'esprit de vin et les deux fonds de verre 439

Rapport 0,889

Interception 0,111.

48me.

	Soleil.	*Gin*, (liqueur spiritueuse,) et les deux fonds de verre.	
0′	52	52	
5	$57\frac{3}{4}$	$53\frac{1}{2}$	..... $5\frac{3}{4} : 1\frac{1}{2} = 0{,}261$

Chaleur au soleil libre - - - 480

Sous le *gin* et les deux fonds de verre 434

Rapport 0,904

Interception 0,096.

50me.

	Soleil.	*Crown glass* usé à l'émeri du côté exposé.	
0′	67	67	
5	74	$70\frac{3}{4}$	..... $7 : 3\frac{3}{4} = 0{,}536$

Chaleur au soleil libre 614

Sous le verre - - 578

Rapport 0,941

Interception 0,059.

51*me.*

	Soleil.	*Coach glass* (glace de carrosse) usé à l'émeri du côté opposé.
0′	$66\frac{1}{2}$	$66\frac{1}{2}$
5	$73\frac{1}{2}$	$69\frac{1}{2}$ ..... 7 : 3 = 0,429

Chaleur au soleil libre 660
Sous le verre - 568
Rapport 0,861
Interception 0,139.

148*me.*

	Aux rayons invisibles du soleil libre.	A ces mêmes rayons à travers un verre blanc bleuâtre.
0′	48	47
5	$49\frac{3}{4}$	$48\frac{5}{8}$ ..... $1\frac{3}{4}$: $1\frac{5}{8}$ = 0,929

Chaleur aux rayons libres 404
Sous le verre - - 394
Rapport 0,975
Interception 0,025.

149*me.*

	Rayons invisibles.	*Flint glass.*
0′	$50\frac{3}{4}$	$49\frac{7}{8}$
5	52	$51\frac{1}{8}$ ..... $1\frac{1}{4}$: $1\frac{1}{4}$ = 1,000

Chaleur aux rayons libres 420
Sous le verre - - 413
Rapport 0,983
Interception 0,017.

150*me.*

	Rayons invisibles.	*Crown glass.*
0′	$50\frac{1}{2}$	$49\frac{3}{4}$
5	$51\frac{7}{8}$	$50\frac{7}{8}$ ..... $1\frac{3}{8}$: $1\frac{1}{8}$ = 0,818

Chaleur aux rayons libres 419
Sous le verre - - - 410
Rapport 0,978
Interception 0,022.

151*me.*

	Rayons invisibles.	*Coach glass* (verre de carrosse.)
0′	$54\frac{1}{2}$	$53\frac{7}{8}$
5	$55\frac{3}{8}$	$54\frac{5}{8}$ . . . . . $\frac{7}{8} : \frac{3}{4} = 0,857$

Chaleur aux rayons libres 446
Sous le verre - - - 439
Rapport 0,984
Interception 0,016.

152*me.*

	Rayons invisibles.	Talc calcinable.
0′	$51\frac{3}{8}$	$50\frac{3}{4}$
5	$52\frac{7}{8}$	$51\frac{7}{8}$ . . . . . $1\frac{1}{2} : 1\frac{1}{8} = 0,750$

Chaleur aux rayons libres 428
Sous le talc calcinable 419
Rapport 0,979
Interception 0,021.

§ 20. Cette comparaison, entre mes résultats et ceux que l'auteur a déduit des mêmes expériences, donne lieu à quelques remarques.

Première Remarque. Nous pouvons nous faire quelque idée de l'inexactitude de mes résultats, fondés sur les deux nombres extrêmes, en calculant ainsi les trois expériences que nous avons déjà calculés sur des données plus détaillées. Quant à la 122me, (§ 11,) comme la progression est très régulière, nous sommes assurés que les deux méthodes co-incident, et toute comparaison est inutile. Dans les deux autres, au contraire, nous sommes assurés d'avance, qu'elles ne co-incident pas; et c'est cet écart qui nous intéresse.

24me Expérience.

	Soleil.	Verre blanc bleuâtre.	
0'	67	67	
5	73	$71\frac{1}{2}$	..... $6 : 4\frac{1}{2} = 0,750$

Chaleur au soleil libre 602
Sous le verre - - 588
Rapport 0,974
Interception 0,026.

Mon résultat précédent (§ 8) donnoit précisément, ou à un huitième près, la même chaleur au soleil libre. Sous le verre elle donnoit seulement 578; ce qui est bien naturel, puisque l'échauffement sous le verre a excédé la progression dans les derniers temps; en conséquence, les rayons interceptés étoient exprimés par 0,038.

Le rapport des interceptions, déterminées par ces deux méthodes, est celui de 13 à 19, qui est très voisin de celui de 2 à 3. Ici donc, pour trouver l'interception résultant du calcul fondé sur toutes les données de l'expérience, il falloit augmenter l'interception déterminée par les deux nombres extrêmes, dans le rapport de 2 à 3.

25me Expérience.

	Soleil.	*Flint glass.*	
0'	$69\frac{3}{4}$	$69\frac{3}{4}$	
5	$75\frac{1}{4}$	$74\frac{3}{4}$	..... $5\frac{1}{2} : 5 = 0,909$

Chaleur au soleil libre 619
Sous le verre - 613
Rapport 0,990
Interception 0,010.

Mon résultat précédent (§ 9) donnoit 614, au lieu de 619, pour la chaleur au soleil libre; et 604, au lieu de 613, sous le verre; et l'interception étoit 0,015, au lieu de 0,010. Ici donc encore, il auroit convenu d'augmenter l'interception, déterminée par deux nombres seulement, selon le rapport de 2 à 3, afin d'avoir l'interception résultant de toutes les données.

On doit présumer, qu'il en est de même de la plupart des autres expériences dont nous n'avons pas le détail. En appliquant cette correction à toutes celles qui sont dans ce cas, dont j'ai fait ci-dessus le calcul, (§§ 18 et 19,) il en résulteroit la table suivante, dans laquelle mes résultats sont rapprochés de ceux de l'observateur, tant pour la chaleur que pour la lumière; et où l'on remarquera, que l'interception de la chaleur, calculée selon ma méthode, (d'après la loi du § 3,) est constamment moindre que l'interception de la lumière, dont elle est une fraction qui varie entre un et sept dixièmes.

Interception de la chaleur par différentes matières.
Sur 1000 *rayons.*

Numéros des expériences.	Au soleil.	Interception selon la loi du § 3.	Interception selon l'observateur. Chaleur.	Lumière.
24.	Verre blanc bleuâtre -	38	250	86
25.	*Flint glass* - -	15	91	34
26.	*Crown glass* verdâtre -	49	259	203
27.	*Coach glass* (glace de carrosse) - - - - -	39	214	168
28.	Cristal d'Islande - -	38	244	150
29.	Talc - - -	15	139	90
30.	Talc aisément calcinable	33	184	288
31.	Verre rouge très obscur -	129	800	999,9
40.	Verre indigo - -	115	633	999,7
44.	Les deux fonds de verre d'un tube fermé, long de 3 pouces	109	542	204
45.	Les deux fonds de verre, et l'eau que le tube contient	124	558	211
47.	Les deux fonds de verre, et l'esprit de vin contenu	166	612	224
48.	Les deux fonds, et le *gin* contenu - -	144	739	626
50.	*Crown glass* usé à l'émeri du côté exposé - -	88	464	854
51.	*Coach glass* (glace de carrosse) usé à l'émeri du côté exposé - -	208	571	885
	Aux rayons invisibles.			
148.	Verre blanc bleuâtre -	38	71	—
149.	*Flint glass* - - -	25	—	—
150.	*Crown glass* - - -	33	182	—
151.	*Coach glass* (glace de carrosse) - - -	24	143	—
152.	Talc calcinable - -	31	250	—
	Au feu de charbon.			
122.	Talc calciné pendant l'expérience - -	196	713	288

Mais, outre qu'il y a probablement des cas auxquels la correction aura été appliquée mal-à-propos, (cas qu'il m'est impossible de déterminer,) je crois, qu'avant de prononcer d'une manière générale sur la qualité de chaque corps, il conviendroit de les réduire tous en lames d'une égale épaisseur, et de les exposer à des chaleurs égales, par les raisons que j'ai exposé ci-dessus. (§ 13.) Mais il est probable, que ces causes d'erreur ne masquent pas entièrement la vérité.

§ 21. *2de Remarque.* La faculté interceptante de cinq substances, rélativement aux rayons invisibles, conclue des expériences 148me et suivantes, par les deux observations extrêmes, est, selon mon résultat, (fondé sur la loi du § 3,) fort rapprochée de celle de ces mêmes substances, rélativement à tout le rayon solaire. (*Exp.* 24, et suivantes.)

Selon le résultat de l'observateur, la différence est plus considérable; elle est même infinie par rapport au *flint glass*, puisque, selon cette manière d'apprécier la transmission, les rayons invisibles ont tous traversé le *flint glass*, et n'ont point été interceptés. Ce résultat, qui paroît invraisemblable, surtout lorsqu'on a sous les yeux la suite de ces expériences, suffit seul pour ébranler la confiance en la méthode par laquelle il a été déduit.

On éprouveroit encore plus de défiance, si cette méthode venoit à présenter quelques cas, où la quantité des rayons transmis parût plus grande que celle des rayons libres. Or, ce cas peut très bien se présenter; puisqu'il suffit pour cela, qu'au 1er instant, la différence de la température du thermométre placé sous le corps interceptant, à celle du milieu où il est plongé, soit moindre que la différence de la température du thermométre exposé aux rayons libres, à celle de ces mêmes rayons. Si ce cas ne s'est pas présenté ici, c'est, sans doute, par-

ceque l'observateur avoit à dessein pris soin de mettre ces deux thermométres au même dégré initial. Cependant, cela n'a pas toujours eu lieu; et, en conséquence, il est arrivé une fois, que les deux thermométres ont varié également pendant la durée de l'expérience. S'il tentoit de nouvelles expériences, en ayant soin de tenir, au premier instant, la température du thermométre garanti beaucoup plus basse que celle du thermométre exposé aux rayons libres, on peut prévoir qu'il arriveroit souvent, en suivant sa méthode de calcul, que la transmission paroîtroit avoir accru le nombre des rayons.

§ 22. *3me Remarque*. En jettant les yeux sur mes résultats, comparés à ceux de M. HERSCHEL, on verra que ceux-ci donnent tous des interceptions beaucoup plus fortes. Une expérience de M. PICTET* donne une interception encore plus forte, et qui surpasse toutes celles qu'indiquent les tables de M. HERSCHEL, du moins pour les verres polis et sans couleur. Un thermométre, exposé à une source de chaleur, monta de 10°; garanti par un carreau de verre, ce thermométre baissa de 6°. Il paroît donc, que ce verre interceptoit les $\frac{3}{5}$ de la chaleur, ou 600 milliémes.

Ici l'observateur n'a point voulu limiter le temps, et paroît avoir eu dessein de laisser son thermométre atteindre la température de la source, soit libre, soit gênée; ensorte qu'on ne peut se refuser à cette conséquence, que le verre a dérobé au thermométre plus de la moitié de la chaleur, à l'influence de laquelle on l'avoit exposé.

Ce résultat s'éloignera moins de ceux qu'on peut déduire des observations de M. HERSCHEL, si l'on a égard aux considérations suivantes. 1. Quelle que soit la faculté interceptante d'une

* Essai sur le Feu, § 52.

lame, l'interception doit croître, si l'on augmente son épaisseur. Si donc le carreau de M. Pictet étoit plus épais que les lames employées par M. Herschel, la transmission devoit étre moindre. Cette circonstance de l'expérience est inconnue de part et d'autre; je n'en fais mention que comme d'une simple possibilité. La suivante est moins indéterminée. 2. Dans l'expérience de M. Pictet, le verre interposé étoit probablement froid, par comparaison au thermométre; la présence de ce corps froid, (quoiqu'à la distance de 5 pieds 7 pouces,) doit avoir eu quelque influence. 3. De plus, ce carreau interceptoit un courant d'air favorable à l'échauffement du thermométre. 4. Enfin, la source de chaleur, absorbée en partie par le verre, n'auroit pas manqué de l'échauffer à la fin sensiblement, et cet échauffement se seroit fait sentir au thermométre. Mais l'expérience finit probablement à cette époque; car l'observateur dut naturellement étre satisfait, quand il eut obtenu le maximum de refroidissement, qui étoit l'objet unique de son attention. D'ailleurs, l'appareil de M. Pictet est tel, que l'action directe du verre échauffé ne peut se faire sentir, que lorsqu'elle est déjà assez grande.

Au contraire, dans les expériences de M. Herschel, on voit des thermométres placés à environ 2 pouces de la lame interceptante, et participant au moindre échauffement de cette lame. Il n'y a d'ailleurs aucune cause de réfroidissement; et les lames sont probablement très-minces.

Telles sont les causes auxquelles j'attribue les différences observées dans les résultats déduits des expériences de ces deux habiles physiciens; et ces considérations nous ramènent a dire, que ces résultats, de quelque facon qu'on les calcule, varieront tant qu'on ne prendra pas des lames de même épaisseur. Ils varieroient encore probablement, si l'on faisoit varier la distance

de la lame au thermométre, puisqu'on feroit varier par cela même, l'influence de la chaleur qui s'accumule dans la lame.

Du reste, la petitesse de mes résultats (fondés sur la loi du § 3) n'a rien qui puisse surprendre, puisque nous avons reconnu dès l'entrée, que nos calculs ne pouvoient nous donner qu'une limite de petitesse. (§ 14.). Il est donc très vraisemblable, que lors qu'on sera parvenu à mesurer à-part la chaleur transmise, on trouvera qu'elle est bien moindre, et l'interception bien plus grande, que nos résultats ne la présentent.

§ 23. *4me Remarque.* Et par quel moyen pourra-t-on parvenir à faire cette appréciation, à décomposer l'effet en ses deux élémens? Il me semble que ce doit être, en observant l'effet instantanée de la chaleur à travers un obstacle, et non son effet au bout d'un temps fini. Il faudra donc recourir à des thermométres très sensibles, tels que ceux d'air, employés et décrits par M. PICTET.* En voyant comment ils se comportent sous le verre, à l'instant même où celui-ci reçoit l'impression calorifique, on jugera d'abord de l'influence de la chaleur transmise, car on sait bien qu'il faut un certain temps pour que l'accumulée ait son effet; mais ce temps n'est pas suffisamment déterminé, et le phénomène varie probablement à différentes époques.

§ 24. *5me Remarque.* Tout ce que je viens de dire s'accorde fort bien avec un phénomène que M. PICTET a observé, et avec l'explication qu'il en donne. Un grand miroir concave de verre étamé, ne renvoyoit presque aucune chaleur à son foyer, sous l'influence des mêmes rayons qui, dans la même situation, élevoient le thermométre de plus de 10°, au foyer d'un miroir métallique. "Dans les miroirs de verre," dit M. PICTET,† "ce n'est point la surface antérieure qui réfléchit la plus grande

* Essai sur le Feu, § 56.   † Ibid. § 67.

" partie des rayons, c'est surtout la surface métallique appliquée " derrière le verre. La chaleur, pour arriver à cette surface, a " toute l'épaisseur du verre à traverser; elle ne peut se réfléchir " sans la traverser de nouveau, et, étant ainsi doublement *tamisée* " par une substance qui ne lui laisse qu'un passage bien difficile, " il n'en échappe que peu pour agir sur le thermométre..... " mais, que devient cette chaleur ainsi interceptée par le verre? " ...... Elle reste...... dans le verre, et s'emploie à le ré- " chauffer; elle se répand dans sa substance, à raison de la " chaleur spécifique du verre, et on s'appercevroit sans doute de " son effet, si le miroir restoit longtemps exposé a l'action du " foyer calorifique." Remarquons seulement, que cette action, n'étant point concentrée au foyer, seroit peu sensible.

§ 25. *6me Remarque.* En conséquence de toutes nos distinctions et explications précédentes, je me demande, quels sont les phénomènes successifs que doit offrir un thermométre placé derrière une lame interceptante? 1. Au premier instant, la chaleur transmise doit agir; mais probablement elle n'est qu'une foible aliquote de la source de chaleur qui atteint la lame. 2. Bientôt la chaleur absorbée par la lame s'y accumule assez pour rayonner, et envoyer au thermométre des emanations calorifiques. Cette influence suit le progrès de l'échauffement de la lame. 3. Enfin la lame s'échauffe au maximum qu'elle peut atteindre; alors le thermométre se trouve dans un courant de chaleur constante, et se fixe.

§ 26. *7me Remarque.* De quelle quantité, la chaleur sous cette lame différera-t-elle finalement de la chaleur libre?

Si la lame étoit plongée toute entière dans la source de chaleur, de sorte que celle-ci l'enveloppât de toutes parts, comme un bain, on sait que la lame acquerroit enfin la température de

la source; mais, n'étant en contact avec elle que par une de ses faces, elle doit s'échauffer moins que si toutes deux lui fournissoient du feu; ensorte que, par cette raison, elle ne peut atteindre le dégré de chaleur de la source. Il y a un moment où la lame a acquis son maximum de chaleur; c'est celui où elle perd autant par ses deux surfaces, qu'elle acquiert par une seule; et ce maximum est nécessairement moindre que si elle acqueroit par toutes deux, par conséquent, moindre que la température de la source.

De plus, la chaleur réfléchie n'échauffe pas le corps qui la réfléchit; il faut donc déduire de la source de chaleur, tous les rayons réfléchis, lorsqu'il s'agit d'estimer l'échauffement de la lame interceptante.

Le thermométre placé sous le verre reçoit donc, 1. les rayons transmis instantanément; 2. les émanations de la chaleur accumulée dans le verre; mais il ne reçoit pas les rayons réfléchis; et la chaleur du verre a un maximum peu élevé.

§ 27. 8*me Remarque*. Ceci étant suffisamment éclairci, on concevra en quels cas le calcul des expériences de M. HERSCHEL, par les deux extrêmes, donnera, ou ne donnera pas, des resultats qui s'écartent de ceux qu'on auroit déduit de toutes les observations successives. Dans presque tous les cas de ce genre, il doit y avoir, en vertu de la chaleur accumulée dans la lame, un échauffement final plus grand que ne le comporte la loi. En conséquence, si l'on ne prend que les extrêmes de chaleur, (le dégré initial et le dégré final,) et qu'on suppose l'accroissement de chaleur régulier, (c'est-à-dire conforme à la loi,) on sera conduit nécessairement à trouver l'interception moindre que si on l'eût calculée par les dégrés observés aux premières minutes. C'est ce que nous avons vérifié sur les expériences 24me et

25me. Nous avons reconnu que, dans ces expériences, cette différence alloit à-peu-près à la moitié de l'interception estimée par les deux extrêmes; ensorte que ces deux résultats étoient entr'eux comme les nombres 2 et 3. (§ 20.)

Comparons maintenant, sous ce point de vue, deux sources de chaleur inégales. Nous supposerons deux expériences, où chacune de ces sources agit, d'un côté librement, de l'autre à travers la même lame interceptante. Si l'accroissement de chaleur sous le verre étoit proportionnel à celui qui a lieu sous l'influence de la source libre, il est facile de voir que le calcul de l'interception la feroit paroître plus grande à la source la plus chaude. En voici un exemple, fictif, mais propre à rendre la chose sensible.

No. I.	Soleil.	Verre.		No. II. Soleil.	Verre.	
0′	600	600		600	600	
5	640	620		680	640	
Chaleur au soleil libre			655	Chaleur au soleil libre		710
Sous le verre - -			628	Sous le verre - -		655
Interception 0,042				Interception 0,077		

Il est vrai que les deux accroissemens, que j'ai supposés proportionnels, ne le sont pas; mais, comme ils augmentent et diminuent ensemble, et par la même cause, on peut bien affirmer, que la même lame fera paroître, au calcul, l'interception plus grande sous l'influence d'une source plus chaude, et réciproquement.

C'est aussi ce qu'on peut remarquer dans les expériences de M. Herschel, où, à travers les mêmes lames, on voit une chaleur de feu de charbon, d'environ 730, produire une interception d'environ 200; tandis que, dans les expériences au soleil,

une chaleur d'environ 600, n'a produit qu'une interception d'environ 30.

§ 28. *9me Remarque.* C'est par la même cause, qu'à travers 4 verres, au feu de charbon, l'interception a paru moindre qu'à travers un seul; car, dans l'expérience des quatre verres, la chaleur du feu n'étoit que 655, au lieu que dans celles où il n'y avoit qu'un verre, elle étoit 757, 731, 782, 741. Dans celle où il y avoit deux verres, la chaleur étoit 700, moyenne entre celles que je viens de comparer, et l'interception a aussi été moyenne. C'est ce qui résulte du calcul suivant, où j'expose les expériences et leur résultats, en huitièmes de dégré, déduits selon la méthode expliquée ci-dessus, (§ 17,) en supposant, de minute en minute, la progression des différences dans le rapport de 7 à 5, parceque ce rapport est celui que nous a indiqué l'expérience 122, dont nous avons les détails, (§ 11,) et qui a été faite dans les mêmes circonstances.

Expériences faites au feu de charbon.

117*me.*

	Feu.	Verre blanc bleuâtre.
0'	528	528
5	688	568

Chaleur du feu libre 724
Sous le verre 577
Interception 0,203.

118*me.*

	Feu.	*Flint glass.*
0'	536	536
5	696	576

Chaleur du feu libre 732
Sous le verre - 585
Interception 0,201.

119*me.*

	Feu.	*Crown glass.*
0′	536	536
5	694	580

Chaleur du feu libre 729
Sous le verre - 590
Interception 0,191.

136*me.*

	Feu.	*Crown glass* usé à l'émeri du côté exposé seulement.
0′	541	541
5	718	590

Chaleur du feu libre 757
Sous le verre - 601
Interception 0,206.

137*me.*

	Feu.	*Coach glass* (glace de carrosse) usé à l'émeri du côté exposé seulement.
0′	544	540
5	697	577

Chaleur du feu libre 731
Sous le verre - 585
Interception 0,200

138*me.*

	Feu.	*Crown glass* usé à l'émeri des deux côtés.
0'	548	544
5	739	584

Chaleur du feu libre 782
Sous le verre - 593
Interception 0,244.

139*me.*

	Feu.	*Coach glass* usé à l'émeri des deux côtés.
0'	536	536
5	704	564

Chaleur du feu libre 741
Sous le verre - 570
Interception 0,231.

140*me.*

	Feu.	Les deux verres de *crown* et *coach glass* usés à l'émeri d'un côté seulement.
0'	528	528
5	688	559

Chaleur du feu libre 724
Sous les deux verres 566
Interception 0,232.

141*me.*

	Feu.	Les deux mêmes verres, usés à l'émeri des deux côtés.
0'	534	534
5	670	548

Chaleur du feu libre 700
Sous les deux verres 551
Interception 0,213.

142*me*.

	Feu.	Les quatre verres des deux expériences précédentes.
0′	528	528
5	640	539

Chaleur du feu libre - 665

Sous les quatre verres - 541

Interception 0,186.

Je viens à l'exposition de cette partie de la théorie de la chaleur, dont j'ai dit que dépendoit la loi de l'échauffement, que l'observation directe a fait reconnoitre. (§ 3.)

Partie II.

§ 29. Plusieurs raisons m'engagent à suivre, dans l'exposé de la théorie que j'ai en vue, un ordre relatif à l'histoire de sa découverte. Il résultera de là, que je paroîtrai d'abord m'écarter un peu de mon sujet; mais j'y rentrerai très vîte, ou plutôt je n'en sortirai point.

Bacon proposoit cette expérience: "Les chaleurs brillantes "et radieuses sont exaltées par les verres: les chaleurs obscures "et opaques, (comme celles des pierres et des métaux, avant "d'être rougis par la force du feu,) sont elles sujettes à la même "impression?" *

Plusieurs physiciens postérieurs avoient observé qu'un charbon ardent, placé entre deux miroirs concaves, allumoit un corps combustible à plus de 20 pieds de distance. Lambert attribuoit cet effet à la chaleur obscure, et non a la chaleur lumineuse. Il étoit conduit à penser ainsi, parce qu'un feu très ardent ne lui paroissoit donner aucune chaleur au foyer d'une lentille convexe.†

* *Instaurat.* l. 5. c. 2.

† Pyrométrie, § 378 et suiv. cité par M. De Saussure. Voyage aux Alpes, § 926.

M. DE SAUSSURE résolut de vérifier cette idée de LAMBERT, en substituant au charbon un boulet chaud, sans être rouge. Il s'adressa à M. PICTET, pour faire cette expérience, qui réussit parfaitement. Le boulet, occupant le foyer d'un des miroirs, fit monter de $10\frac{1}{2}$ dégrés le thermométre placé à l'autre foyer. Un matras d'eau bouillante, substitué par M. PICTET au boulet chaud, produisit le même effet, quoiqu'avec moins d'intensité.*

Ces expériences prouvérent incontestablement, que la chaleur étoit susceptible d'être réfléchie, sous la même loi que la lumière. M. PICTET a prouvé de plus, que la vîtesse de la chaleur est si grande en ce cas, qu'elle parcourt 69 pieds, dans un instant sensiblement indivisible.†

§ 30. Ces faits, quelque curieux et importans qu'ils soient, ne forcent peut-être pas le physicien à se décider sur la nature de l'agent qui produit la chaleur, et en particulier sur le moyen par lequel s'établit et se maintient l'équilibre de température entre deux corps, ou entre deux espaces voisins. On se contentoit donc d'exprimer par le mot de *tension*, ou par quelque autre équivalent, l'espèce d'effort par lequel il s'opéroit. Ainsi, lorsque deux espaces sont inégalement chauds, la tension supérieure du plus chaud, l'emportant sur celle de l'autre, amène enfin un état dans lequel les deux tensions sont égales, et se balancent. Et, quoique ce langage n'offrît à l'esprit qu'une conception indéterminée, on se crut obligé de s'en contenter, et de la recevoir comme une loi de la nature. Cette loi étoit d'ailleurs semblable à celle qu'on observe dans les fluides élastiques plus grossiers, par une suite de la compression qu'ils éprouvent. On ne savoit pas si le feu étoit précisément de même nature; mais cette com-

* Voyage aux Alpes, § 926.

† Essai sur le Feu, § 64.

paraison servoit à satisfaire l'esprit, et paroissoit en quelque sorte éclairer le phénomène.

§ 31. Une expérience nouvelle vint tirer les physiciens de leur sécurité, et dut leur faire sentir l'insuffisance du langage convenu, dont ils s'étoient fait une habitude. BACON l'avoit indiquée. "La chaleur, par les verres," dit-il, "acquiert de l'intensité; en "est-il de même du froid?"* C'est de lui, probablement, que quelques auteurs subséquens avoient emprunté la même idée.† Mais cette idée étoit restée sans exécution, jusqu'à l'époque, encore récente, où M. PICTET l'a réalisé. M. BERTRAND, Professeur de Mathématiques, lui en suggéra l'idée; et voici comment M. PICTET rend compte de l'expérience. "Je disposai l'ap- "pareil précisément comme pour la réflexion de la chaleur; "j'employai les deux miroirs d'étain, à la distance de 10½ pieds "l'un de l'autre. Au foyer de l'un étoit un thermométre d'air, "qu'on observoit avec les précautions requises; et au foyer de "l'autre, un matras plein de neige.—A l'instant où le matras "fut en expérience, le thermométre placé à l'autre foyer des- "cendit de plusieurs dégrés; il remonta dès qu'on enleva le "matras.—Après avoir remis le matras au foyer, et fait ainsi "descendre le thermométre jusqu'à un certain dégré, où il de- "meura stationnaire, je versai de l'acide nitreux sur la neige; et "le froid ainsi produit, fit à l'instant descendre le thermométre "de 5 à 6 dégrés plus bas."*

§ 32. A la vue de ce résultat, M. PICTET éprouva d'abord

* *Instaurat.* l. 5. c. 2.

† "Les miroirs ardens concentrent la chaleur; peuvent-ils concentrer le froid?" *Logique de* FELICE, T. II. p. 62. J'ai ouï dire (mais je n'en ai point la preuve) que l'auteur de cette logique avoit fait usage des cahiers du célebre Professeur CRAMER.

* Essai sur le Feu, § 69.

quelque surprise; mais il n'hésita point à prononcer, que cette réflexion du froid n'étoit qu'apparente, et qu'elle ne pouvoit être que la réflexion de la chaleur, en sens inverse.

§ 33. Cependant, aucune explication fondée sur les idées de tension, de pression, d'équilibre sans mouvement, ne pouvoit faire comprendre comment cette marche inverse de la chaleur étoit déterminée. En effet, les miroirs, l'air, et tous les corps voisins du matras froid, étant tous entr'eux à même température, doivent, selon ces systêmes, lâcher leur chaleur vers ce gouffre, et non dans aucune autre direction. On n'y voit point de raison pour qu'un rayon parte du thermométre, et se porte vers le miroir dont il occupe le foyer.

§ 34. Accoutumé dès long-temps à envisager le feu sous un autre aspect, j'exposai ces difficultés, et je tâchai d'attirer l'attention des physiciens sur cet objet, dans un mémoire sur *l'Equilibre du Feu*,* et dans mes *Recherches sur la Chaleur*.† Ces écrits sont, si je ne me trompe, les premiers où l'on ait proposé de substituer un équilibre mobile, à l'équilibre immobile que les physiciens ont coutume d'admettre en cette matière; et la conséquence de cette substitution fut, que le phénomène de la réflexion du froid s'expliqua aussi aisément, et aussi pleinement, que celui de la réflexion de la chaleur. C'est, je pense, un caractère de vérité; car on sent bien, que ces deux faits sont homogènes, et qu'une bonne théorie doit les expliquer à la fois, et les comprendre, pour ainsi dire, sous une même formule. Qu'il me soit permis de rappeler ici cette théorie, que j'ai eu la satisfaction de voir adopter par M. PICTET,‡ et par d'autres bons juges. Peu

* Journal de Physique, Avril, 1791. † Publiées à Genève, en 1792.
‡ Bibl. Brit. Sc. et Arts, T. IV. p. 30, et ailleurs.

de mots suffisent pour en faire saisir le principe; c'est le seul but que je me propose ici.

§ 35. Le feu est un fluide discret, agité: chaque molécule de feu libre est mue avec une grande vîtesse; l'une se meut dans un sens, l'autre dans l'autre, de sorte qu'en tout sens, un corps chaud émet des rayons calorifiques; et ces molécules sont assez écartées les unes des autres, pour que deux ou plusieurs courans puissent s'entrecroiser, comme la lumière, sans se troubler mutuellement dans leur cours. Cette constitution du feu étant bien conçue, si l'on feint deux espaces voisins où il abonde, on verra, qu'entre ces espaces il y a de continuels échanges. Si, dans les deux espaces, le feu est également abondant, les échanges seront égaux, il y aura équilibre. Si l'un des espaces contient plus de feu que l'autre, les échanges seront inégaux; le moins chaud recevra plus de molécules ignées qu'il n'en donnera; et, après un temps suffisant, la répétition continuelle de ces échanges retablira l'équilibre.

§ 36. De ces principes découlent toutes les lois de la chaleur croissante et décroissante; en particulier celle qui a servi de base à nos calculs comparatifs de la marche de deux thermométres exposés à une même source de chaleur, l'un sous une lame interceptante, et l'autre sans aucun obstacle. (§ 3.)

En effet, supposons un corps placé dans un milieu plus chaud que lui, et que ce milieu jouisse toujours d'une température constante; on doit considerer la chaleur du milieu comme composée de deux parties, l'une égale à celle du corps, l'autre égale à la différence des deux chaleurs. Quant à la première, les échanges sont égaux entre le corps et le milieu, il y a équilibre. L'excès de chaleur du milieu peut donc être considéré seul; et, relativement à cet excès, le corps est absolument froid. Supposons,

qu'en une seconde le corps reçoive la $\frac{1}{10}$me partie de ce feu; à la fin de de cette seconde, l'excès ne sera plus que de $\frac{9}{10}$. La $\frac{1}{10}$me de ce nouvel excès passera dans le corps pendant le cours de la 2me seconde, et l'excès sera réduit aux $\frac{9}{10}$mes des $\frac{9}{10}$mes. On voit, en suivant ce raisonnement, qu'à la fin de la 3me seconde, l'excès sera la 3me puissance de $\frac{9}{10}$; et ainsi de suite; de manière que, (conformément à la loi observée) les temps croissant selon une progression arithmétique 0, 1, 2, 3, &c. les différences décroissent selon une progression géometrique 1, $\frac{9}{10}$, $(\frac{9}{10})^2$, $(\frac{9}{10})^3$, &c.

On déduit, avec la même facilité, la même loi de réfroidissement, pour le corps plongé dans un milieu plus froid que lui.*

C'est ainsi que la vraie théorie de la chaleur, fondée sur des faits totalement différens de ceux par lesquels RICHMANN a prouvé cette loi, nous y ramène nécessairement.

§ 37. Nous avons vu, dans la 1re Partie, l'application de ce principe. Sous ce point de vue, les expériences de M. HERSCHEL acquièrent un grand intérêt, non seulement en confirmant la loi, mais en déterminant le quotient de la progression des différences dans l'échauffement de ses thermométres; ce qui ne peut manquer d'exciter sur cet objet l'attention des observateurs, et de donner des idées très précises sur le dégré de sensibilité de l'instrument qu'on emploie.

Cette remarque m'engage à ajouter encore ici le calcul d'une expérience de même genre, faite à la lumière réfléchie d'une chandelle. Cette expérience est rapportée dans un mémoire précédent du même auteur, lié étroitement avec celui que j'ai discuté.†

* Recherches sur la Chaleur, § 19.

† Trans. Phil. pour 1800, p. 297. Exp. 2.

	Dégrés observés.	Dégrés calculés par le rapport de 65 à 51.
0′	432	432
1	440	440
2	448	446
3	456	451
4	458	455
5	458	458

La chaleur du rayon étoit ici de 469 huitièmes de dégré.

Les autres expériences de ce mémoire ne peuvent pas être aisément soumises au calcul, parce que, dans plusieurs, les temps ne sont pas en progression arithmétique; et que, dans d'autres, la chaleur du lieu varioit pendant le cours de l'expérience, indépendamment de celle qui étoit communiquée immédiatement par la source; ce qui trouble tous les résultats.

§ 38. La théorie exposée ci-dessus, (§ 35,) explique la réflexion du froid précisément comme la réflexion du chaud, sans plus ni moins de difficulté. Concevez, dans l'appareil du double miroir, deux thermométres, placés, l'un à un foyer, l'autre à l'autre; et d'abord, que ces deux thermométres soient au même dégré. Il y a équilibre; le feu émis par chacun, et renvoyé à l'autre, en vertu d'une double reflexion, se trouve exactement compensé par le feu que l'autre lui renvoie par la même voie, mais en sens contraire. Maintenant, concevons que l'un des thermométres hausse ou baisse; aussitot (les échanges étant inégaux) l'autre haussera ou baissera conformément.

§ 39. Cette théorie présente, en tout échauffement, trois espèces de chaleur. La 1re est celle qui est immédiatement reçue, dans un instant donné, par le corps qui s'échauffe. La 2de est la chaleur accumulée, et emmagazinée, dans ce même corps, en

vertu de l'échauffement qui a eu lieu dans les instans précédens. La 3me est la chaleur rayonnante, qui est l'effet des deux précédentes, et qui sort incessamment du corps, à mesure que les autres y entrent. La considération de ces trois chaleurs distinctes, a de l'influence dans plusieurs phénomènes, surtout dans la météorologie. J'ai eu occasion de faire remarquer, que l'estimation de la température des saisons en dépend.*

En un mot, le nombre des faits auxquels cette théorie s'applique, est assez considérable pour inspirer quelque confiance; et je ne sais pas voir quelle difficulté réelle elle présente. †

§ 40. A la vérité, quelques physiciens semblent disposés à substituer dans la nature, les fluides continus aux fluides discrets, et le mouvement ondulatoire à celui de translation. Je pourrois dire, comme il est assez commode de faire, que je ne détermine rien à cet égard, et qu'on n'a qu'à mettre partout, dans ce qui precéde, des ondes qui se croisent, au lieu de courants et de particules distinctes. Mais je ne crois pas cette substitution légitime; et, sans parler de plusieurs raisons qui la combattent, il en est une générale, qui seule devroit, à ce qu'il me semble, la faire rejetter: les agens continus obstrueroient l'univers, et s'opposeroient aux mouvemens libres et rapides qu'on y observe.

§ 41. Pour me résumer, je dis, 1. Que l'effet d'une source de chaleur constante sur le thermométre, en un temps limité, n'est pas proportionnel à la chaleur de la source. 2. Qu'on a

* Réflexions sur la Chaleur solaire, &c. Journ. de Phys. Fevrier, 1793.

† Je n'ai point parlé de la communication de la chaleur par les corps qui la conduisent; et je ne me suis point occupé, dans ce mémoire, du feu latent et combiné; ce n'étoit pas mon sujet. Il est du reste facile a voir, que ces effets ne contrarient en rien la théorie que j'ai exposé; mais s'allient, au contraire, très bien avec les phénomènes de la chaleur rayonnante et libre.

néanmoins un moyen de conclure la chaleur de la source, de son effet sur le thermométre; parcequ'on connoît la loi que suit cet effet, dans ses accroissemens successifs. 3. Que cette méthode est la seule qu'on doive employer, lorsqu'il s'agit de comparer deux sources de chaleur, d'après leur effet en un temps limité, moindre que celui qui est requis pour le maximum de l'effet. 4. Que, lorsqu'il s'agit de chaleur transmise, il faut distinguer celle qui est transmise immédiatement, de celle que le corps transmettant y ajoute dès qu'il s'échauffe. 5. Que, lorsqu'on néglige cette distinction, l'interception de chaleur attribuée à la lame n'est qu'une limite de petitesse; ensorte qu'il reste indécis, si l'interception n'a pas été beaucoup plus grande, ou même totale. 6. Qu'en appliquant ces principes aux expériences de M. Herschel, l'appréciation devient plus exacte, mais dépend néanmoins de quelques circonstances accessoires, et jusqu' ici indéterminées. 7°. Que, dans ces mêmes expériences, la différence apparente entre l'interception de la chaleur et celle de la lumière, par les mêmes matières, n'établit aucune conclusion légitime sur la différence ou l'identité de la lumière et de la chaleur. 8. Que la loi mentionnée ci-dessus (et que j'ai énoncé au § 3) n'est pas seulement prouvée par l'expérience directe, mais par son accord avec la vraie théorie de la chaleur. 9. Que cette théorie est établie sur des faits variés, tout-à-fait différens de cette loi, en particulier sur la réflexion du froid; et qu'elle est la seule qui s'accorde avec les phénomènes généraux de la nature.